

Best Available Copy

Light radiating semiconductor constructional element

Patent number: DE19625622
Publication date: 1998-01-02
Inventor: REEH ULRIKE (DE); HOEHN KLAUS DR (DE); STATH NORBERT DR (DE); WAITL GUENTER ING GRAD (DE); SCHNEIDER JUERGEN DR (DE); SCHMIDT ROLF (DE); SCHLOTTER PETER (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
- international: H01L33/00; H01S3/19
- european: H01L33/00B3B
Application number: DE19961025622 19960626
Priority number(s): DE19961025622 19960626

Report a data error here

Abstract of DE19625622

A light radiating semiconductor constructional element comprises: (i) a semiconductor body (1) having a series of semiconductor layers giving out an electromagnetic radiation of wavelength λ not greater than 520 nm; (ii) first and second electrical connections (2,3) connected to the semiconductor body (1); and (iii) a luminescence conversion element. The conversion element converts radiation of a first spectral partial region of radiation originating from a first wavelength region into radiation of a second wavelength region. The semiconductor constructional element gives out radiation from a second spectral partial region of first wavelength region and radiation of second wavelength region.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 25 622 A 1

51 Int. Cl.⁸:
H 01 L 33/00
H 01 S 3/19

21 Aktenzeichen: 196 25 622.4
22 Anmeldetag: 28. 8. 93
23 Offenlegungstag: 2. 1. 98

DE 196 25 622 A 1

71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

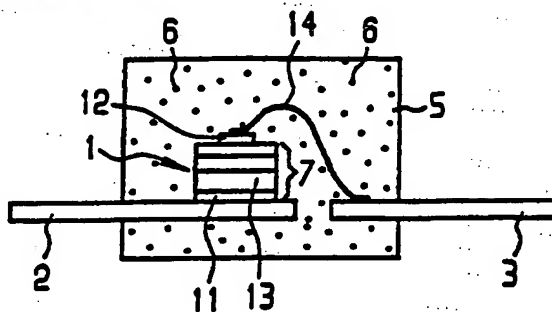
72 Erfinder:
Reeh, Ulrike, 80995 München, DE; Höhn, Klaus, Dr.,
82024 Taufkirchen, DE; Stath, Norbert, Dr., 93049
Regensburg, DE; Weidl, Günter, Ing. (grad.), 93049
Regensburg, DE; Schneider, Jürgen, Dr., 79199
Kirchzarten, DE; Schmidt, Rolf, 79279 Vörsstetten,
DE; Schlotter, Peter, 79112 Freiburg, DE

55 Entgegenhaltungen:
DE 38 04 293 A1
DE-OS 23 47 289
EP 04 88 052 A1
»Proc. of the IEEE« 83 (1985) 1306-1355;
»Siemens Forsch.- u. Entwickl.-Ber.« Bd. 6 (1977,
Nr. 3) S. 162;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement mit Lumineszenzkonversionselement

57 Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper (1) und einem Lumineszenzkonversionselement (4, 5). Der Halbleiterkörper (1) sendet Strahlung mit einer Wellenlänge $\lambda \leq 420$ nm und das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) wandelt einen Teil dieser Strahlung in Strahlung mit einer größeren Wellenlänge um. Dadurch lassen sich Leuchtdioden herstellen, die mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht abstrahlen.



DE 196 25 622 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper, mit mindestens einem ersten und einem zweiten mit dem Halbleiterkörper elektrisch leitend verbundenen elektrischen Anschluß und mit einem Lumineszenzkonversionselement.

Ein derartiges Halbleiterbauelement ist beispielsweise aus der Offenlegungsschrift DE 38 04 293 bekannt. Darin ist eine Anordnung mit einer Elektrolumineszenz- oder Laserdiode beschrieben, bei der das gesamte von der Diode abgestrahlte Emissionsspektrum mittels eines mit einem fluoreszierenden, lichtwandelnden organischen Farbstoff versetzten Elements aus Kunststoff zu größeren Wellenlängen hin verschoben wird. Das von der Anordnung abgestrahlte Licht weist dadurch eine andere Farbe auf als das von der Leuchtdiode ausgesandte. Abhängig von der Art des dem Kunststoff beigefügten Farbstoffes lassen sich mit ein und demselben Leuchtdiodentyp Leuchtdiodenanordnungen herstellen, die in unterschiedlichen Farben leuchten.

In vielen potentiellen Anwendungsgebieten für Leuchtdioden, wie zum Beispiel bei Anzeigeelementen im Kfz-Armaturenbrett, Beleuchtung in Flugzeugen und Autos und bei vollfarbtauglichen LED-Displays, tritt jedoch verstärkt die Forderung nach Leuchtdiodenanordnungen auf, mit denen sich mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht erzeugen läßt. Bisher läßt sich weißes "LED"-Licht nur mit sogenannten Multi-LEDs erzeugen, bei denen drei verschiedenfarbige Leuchtdioden (i.a. eine rote, eine grüne und eine blaue) oder zwei komplementärfarbige Leuchtdioden (z. B. eine blaue und eine gelbe) verwendet werden. Neben einem erhöhten Montageaufwand sind für solche Multi-LEDs auch aufwendige Ansteuerelektroniken erforderlich, da die verschiedenen Diodentypen unterschiedliche Ansteuerspannungen benötigen. Außerdem wird die Langzeitstabilität hinsichtlich Wellenlänge und Intensität durch unterschiedliche Alterungserscheinungen der verschiedenen Leuchtdioden und auch aufgrund der unterschiedlichen Ansteuerspannungen und den daraus resultierenden Betriebsströmen beeinträchtigt. Ein zusätzlicher Nachteil der Multi-LEDs besteht darin, daß die Bauteilminiaturisierung stark begrenzt ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art zu entwickeln, mit dem mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht erzeugt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 14. Der Unteranspruch 15 gibt eine bevorzugte Verwendungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements an.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der Halbleiterkörper eine Schichtenfolge, insbesondere eine Schichtenfolge mit einer aktiven Schicht aus $Ga_xIn_{1-x}N$ oder $Ga_xAl_{1-x}N$ aufweist, die eine elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge $\lambda \leq 520$ nm aus sendet und daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus mindestens einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung des zweiten Wellenlän-

genbereiches aussendet. Das heißt zum Beispiel, daß das Lumineszenzkonversionselement eine vom Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung spektral selektiv absorbiert und im längerwelligen Bereich (im zweiten Wellenlängenbereich) emittiert. Idealerweise weist die von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung bei einer Wellenlänge $\lambda \leq 520$ nm ein Strahlungsmaximum auf.

Ebenso kann vorteilhafterweise mit der Erfindung auch eine Anzahl (einer oder mehrere) von aus dem ersten Wellenlängenbereich stammenden ersten spektralen Teilbereichen in mehrere zweite Wellenlängenbereiche umgewandelt werden. Dadurch ist es vorteilhafterweise möglich, vielfältige Farbmischungen und Farbtemperaturen zu erzeugen.

Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement hat den besonderen Vorteil, daß das über Lumineszenzkonversion erzeugte Wellenlängenspektrum und damit die Farbe des abgestrahlten Lichtes nicht von der Höhe der Betriebsstromstärke durch den Halbleiterkörper abhängt. Dies hat insbesondere dann große Bedeutung, wenn die Umgebungstemperatur des Halbleiterbauelementes und damit bekanntermaßen auch die Betriebsstromstärke stark schwankt. Besonders Leuchtdioden mit einem Halbleiterkörper auf der Basis von GaN sind diesbezüglich sehr empfindlich.

Außerdem benötigt das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement nur eine einzige Ansteuerspannung und damit auch nur eine einzige Ansteuerschaltungsanordnung, wodurch der Bauteilaufwand sehr gering gehalten werden kann.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist als Lumineszenzkonversionselement über oder auf dem Halbleiterkörper eine teiltransparente, d. h. eine für die von dem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung teilweise transparente Lumineszenzkonversionsschicht vorgesehen. Um eine einheitliche Farbe des abstrahlten Lichtes sicherzustellen, kann die vorteilhafterweise die Lumineszenzkonversionsschicht derart ausgebildet sein, daß sie durchweg eine konstante Dicke aufweist. Dies hat den besonderen Vorteil, daß die Weglänge des von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Lichtes durch die Lumineszenzkonversionsschicht hindurch für alle Strahlungsrichtungen nahezu konstant ist. Dadurch kann erreicht werden, daß das Halbleiterbauelement in alle Richtungen Licht derselben Farbe abstrahlt. Ein weiterer besonderer Vorteil eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gemäß dieser Weiterbildung besteht darin, daß auf einfache Weise eine hohe Reproduzierbarkeit erzielt werden kann, was für eine effiziente Massenfertigung von wesentlicher Bedeutung ist. Als Lumineszenzkonversionsschicht kann beispielsweise eine mit Lumineszenzfarbstoff versetzte Lack- oder Harzschicht vorgesehen sein.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes weist als Lumineszenzkonversionselement eine teiltransparente Lumineszenzkonversionsumhüllung auf, die zumindest einen Teil des Halbleiterkörpers (und evtl. Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse) umschließt und gleichzeitig als Bauteilumhüllung (Gehäuse) genutzt sein kann. Der Vorteil eines Halbleiterbauelements gemäß dieser Ausführungsform besteht im wesentlichen darin, daß zu seiner Herstellung konventionelle, für die Herstellung von herkömmlichen Leuchtdioden (z. B. Radial-Leuchtdioden) eingesetzte Produktionslinien genutzt werden können. Für die Bauteilumhüllung ist anstelle des bei herkömmlichen Leuchtdioden dafür verwendeten trans-

parenten Kunststoffes das Material der Lumineszenzkonversionsumhüllung verwendet.

Bei weiteren vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements und der beiden oben genannten bevorzugten Ausführungsformen besteht die Lumineszenzkonversionsschicht bzw. die Lumineszenzkonversionsumhüllung aus einem transparenten Material (z. B. Kunststoff), das mit einem Lumineszenzfarbstoff versehen ist (Beispiele für geeignete Kunststoffe und Lumineszenzfarbstoffe finden sich weiter unten). Auf diese Weise lassen sich Lumineszenzkonversionselemente besonders kostengünstig herstellen. Die dazu notwendigen Verfahrensschritte sind nämlich ohne großen Aufwand in herkömmliche Produktionslinien für Leuchtdioden integrierbar.

Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung bzw. der o.g. Ausführungsformen ist vorgesehen, daß der oder die zweiten Wellenlängenbereiche zumindest teilweise größere Wellenlängen aufweisen als der erste Wellenlängenbereich.

Insbesondere ist vorgesehen, daß ein zweiter spektraler Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und ein zweiter Wellenlängenbereich zueinander komplementär sind. Auf diese Weise kann aus einer einzigen farbigen Lichtquelle, insbesondere einer Leuchtdiode mit einem einzigen blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörper, mischfarbiges, insbesondere weißes Licht erzeugt werden. Um z. B. mit einem blauen Licht ausstrahlenden Halbleiterkörper weißes Licht zu erzeugen, wird ein Teil des von dem Halbleiterkörper ausgesandten Spektralbereiches in den gelben Spektralbereich konvertiert. Die Farbtemperatur des weißen Lichtes kann dabei durch geeignete Wahl des Lumineszenzkonversionselementes, insbesondere durch eine geeignete Wahl des Lumineszenzfarbstoffes und dessen Konzentration, variiert werden. Darüberhinaus bieten diese Anordnungen vorteilhafterweise auch die Möglichkeit, Lumineszenzfarbstoffmischungen einzusetzen, wodurch sich vorteilhafterweise der gewünschte Farbton sehr genau einstellen läßt. Ebenso können Lumineszenzkonversionselemente inhomogen ausgestaltet sein, z. B. mittels einer inhomogenen Lumineszenzfarbstoffverteilung. Unterschiedliche Weglängen des Lichtes durch das Lumineszenzkonversionselement können dadurch vorteilhafterweise kompensiert werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements weist das Lumineszenzkonversionselement oder ein anderer Bestandteil einer Bauteilumhüllung zur Farbanpassung einen oder mehrere Farbstoffe auf, die keine Wellenlängenkonversion bewirken. Hierzu können die für die Herstellung von herkömmlichen Leuchtdioden verwendeten Farbstoffe wie z. B. Azo-, Anthrachinon- oder Perinon-Farbstoffe eingesetzt werden.

Zum Schutz des Lumineszenzkonversionselements vor einer zu hohen Strahlenbelastung ist bei einer vorteilhaften Weiterbildung bzw. bei den o. g. bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements zumindest ein Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers von einer ersten, z. B. aus einem Kunststoff bestehenden transparenten Hülle umgeben, auf der die Lumineszenzkonversionsschicht aufgebracht ist. Dadurch wird die Strahlungsdichte im Lumineszenzkonversionselement und somit dessen Strahlungsbelastung verringert, was sich je nach verwendeten Materialien positiv auf die Lebensdauer des Lumineszenzkonversionselementes auswirkt.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der

Erfindung sowie der oben genannten Ausführungsformen ist ein Halbleiterkörper verwendet, bei dem das ausgesandte Strahlungsspektrum bei einer Wellenlänge zwischen 420 nm und 460 nm, insbesondere bei 430 nm (z. B. Halbleiterkörper auf der Basis von $Ga_xAl_{1-x}N$) oder 450 nm (z. B. Halbleiterkörper auf der Basis von $Ga_xIn_{1-x}N$) ein Lumineszenz-Maximum aufweist. Mit einem derartigen erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement lassen sich vorteilhafterweise nahezu sämtliche Farben und Mischfarben der Farbtafel erzeugen.

Bei einer weiteren besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung und deren Ausführungsformen besteht die Lumineszenzkonversionsumhüllung bzw. die Lumineszenzkonversionsschicht aus einem Lack oder aus einem Kunststoff, wie beispielsweise die für die Umhüllung optoelektronischer Bauelemente eingesetzten Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastmaterialien (Epoxid- u. Acrylatharze). Desweiteren können z. B. aus Thermoplastmaterialien gefertigte Abdeckelemente als Lumineszenzkonversionsumhüllung eingesetzt sein. Sämtliche oben genannten Materialien lassen sich auf einfache Weise mit einem oder mehreren Lumineszenzfarbstoffen versetzen.

Besonders einfach läßt sich ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement dann realisieren, wenn der Halbleiterkörper in einer Ausnehmung eines gegebenenfalls vorgefertigten Gehäuses angeordnet ist und die Ausnehmung mit einem die Lumineszenzkonversionsschicht aufweisenden Abdeckelement versehen ist. Ein derartiges Halbleiterbauelement läßt sich in großer Stückzahl in herkömmlichen Produktionslinien herstellen. Hierzu muß lediglich nach der Montage des Halbleiterkörpers in das Gehäuse das Abdeckelement, beispielsweise eine Lack- oder Gießharzschicht oder eine vorgefertigte Abdeckplatte aus Thermoplastmaterial, auf das Gehäuse aufgebracht werden. Optional kann die Ausnehmung des Gehäuses mit einem transparenten Material, beispielsweise einem transparenten Kunststoff, gefüllt sein, das insbesondere die Wellenlänge des von dem Halbleiterkörper ausgesandten Lichtes nicht verändert oder aber, falls gewünscht, bereits lumineszenzkonvertierend ausgebildet sein kann.

Um die Durchmischung der von dem Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung des ersten Wellenlängenbereiches mit der lumineszenzkonvertierten Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches und damit die Farbkonzanz des abstrahlten Lichtes zu verbessern, kann der Lumineszenzkonversionsschicht bzw. der Lumineszenzkonversionsschicht und oder einer anderen Komponente der Bauteilumhüllung vorteilhafterweise zusätzlich ein im Blauen lumineszierender Farbstoff hinzugefügt werden, der eine sogenannte Richtcharakteristik der von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Strahlung abschwächt. Unter Richtcharakteristik ist zu verstehen, daß die von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung eine bevorzugte Abstrahlrichtung aufweist.

Ein vorteilhaftes Material zur Herstellung der o.g. Lumineszenzkonversionsschicht bzw. Lumineszenzkonversionsumhüllung ist Polymethylmetacrylat (PMMA) dem ein oder mehrere Lumineszenzfarbstoffe zugesetzt sind. PMMA läßt sich auf einfache Weise mit organischen Farbstoffmolekülen versetzen. Zur Herstellung von grün-, gelb- und rotleuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen können z. B. Farbstoffmoleküle auf Perylen-Basis verwendet sein. Im UV, im Sichtbaren oder im Infraroten leuchtende Halbleiterbauelemente können auch durch Beimischung von 4f-metallorganischen Verbindungen hergestellt werden.

Insbesondere können rotleuchtende erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente z. B. durch Beimischung von auf Eu^{3+} basierenden metallorganischen Chelaten ($\lambda \approx 620 \text{ nm}$) realisiert werden. Infrarot strahlende erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente, insbesondere mit blaues Licht aussendenden Halbleiterkörpern, können mittels Beimischung von 4f-Chelaten oder von Ti^{3+} -dotiertem Saphir hergestellt werden.

Ein weißes Licht abstrahlendes erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement läßt sich vorteilhafterweise dadurch herstellen, daß der Lumineszenzfarbstoff so gewählt wird, daß eine von dem Halbleiterkörper aus-
sendende blaue Strahlung in komplementäre Wellenlängenbereiche, insbesondere Blau und Gelb, oder zu additiven Farbtupeln, z. B. Blau, Grün und Rot umgewandelt wird. Hierbei wird das gelbe bzw. das grüne und rote Licht über die Lumineszenzfarbstoffe erzeugt. Der Farbton (Farbort in der CIE-Farbtabelle) des weißen Lichts kann dabei durch geeignete Wahl des Farbstoffes hinsichtlich Mischung und Konzentration variiert werden.

Geeignete Lumineszenzfarbstoffe für ein weißes Licht abstrahlendes erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement sind Perylen-Lumineszenzfarbstoffe wie z. B. BASF Lumogen F 083 für grüne Lumineszenz, BASF Lumogen F 240 für gelbe Lumineszenz und BASF Lumogen F 300 für rote Lumineszenz. Diese Farbstoffe lassen sich auf einfache Weise z. B. transparentem Epoxidharz zusetzen.

Eine bevorzugte Methode, mit einem blaues Licht abstrahlenden Halbleiterkörper ein grün leuchtendes Halbleiterbauelement herzustellen, besteht darin, für das Lumineszenzkonversionselement UO_2^{++} -substituiertes Borsilikatglas zu verwenden.

Bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements bzw. der oben angegebenen vorteilhaften Ausführungsformen sind dem Lumineszenzkonversionselement oder einer anderen strahlungsdurchlässigen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren zugesetzt. Hierdurch läßt sich vorteilhafterweise der Farbeindruck und die Abstrahlcharakteristik des Halbleiterbauelements optimieren.

Von besonderem Vorteil ist, daß die Leuchteffizienz von weißleuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen bzw. deren o.g. Ausführungsformen mit einem im wesentlichen auf der Basis von GaN hergestellten blau leuchtenden Halbleiterkörper gegenüber der Leuchteffizienz einer Glühlampe erheblich erhöht ist. Der Grund dafür besteht darin, daß zum einen die externe Quantenausbeute derartiger Halbleiterkörper bei einigen Prozent liegt und andererseits die Lumineszenzausbeute von organischen Farbstoff-Molekülen oft bei über 90% angesiedelt ist. Darüber hinaus zeichnet sich das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement im Vergleich zur Glühlampe durch eine extrem lange Lebensdauer, größere Robustheit und eine kleinere Betriebsspannung aus.

Vorteilhaft ist weiterhin, daß die für das menschliche Auge wahrnehmbare Helligkeit des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gegenüber einem ohne Lumineszenzkonversionselement ausgestatteten, aber sonst identischen Halbleiterbauelement deutlich erhöht werden kann, da die Augenempfindlichkeit zu höherer Wellenlänge hin zunimmt. Es kann darüberhinaus auch ultraviolettes Licht in sichtbares Licht umgewandelt werden.

Das hier vorgestellte Konzept der Lumineszenzkon-

version mit blauem Licht eines Halbleiterkörpers läßt sich vorteilhafterweise auch auf mehrstufige Lumineszenzkonversionselemente erweitern, nach dem Schema ultraviolett \rightarrow blau \rightarrow grün \rightarrow gelb \rightarrow rot. Hierbei werden eine Mehrzahl von spektral selektiv emittierenden Lumineszenzkonversionselementen relativ zum Halbleiterkörper hintereinander angeordnet.

Ebenso können vorteilhafterweise mehrere unterschiedlich spektral selektiv emittierende Farbstoffmoleküle gemeinsam in einen transparenten Kunststoff eines Lumineszenzkonversionselements eingebettet sein. Hierdurch ist ein sehr breites Farbenspektrum erzeugbar.

Besonders vorteilhaft können erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente gemäß der vorliegenden Erfindung in vollfarbtauglichen LED-Anzeigevorrichtungen (Displays) eingesetzt werden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von 5 Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 9. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements;

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements;

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements;

Fig. 4 eine schematische Schnittansicht eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements;

Fig. 5 eine schematische Schnittansicht eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements;

Fig. 6 eine schematische Schnittansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers mit einer Schichtenfolge auf der Basis von GaN;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums zweier erfindungsgemäßer Halbleiterbauelemente, die weißes Licht abstrahlen;

Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Halbleiterkörper, der blaues Licht aussendet;

Fig. 10 eine schematische Schnittansicht eines siebten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements; und

Fig. 11 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements, das mischfarbiges rotes Licht abstrahlt.

Bei den verschiedenen Figuren sind gleiche bzw. gleichwirkende Teile immer mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Licht aussendenden Halbleiterbauelement weist ein Halbleiterkörper 1 einen Unterseitenkontakt 11, einen Oberseitenkontakt 12 und eine sich aus einer Anzahl von unterschiedlichen Schichten zusammensetzende Schichtenfolge 7 auf, die mindestens eine eine Strahlung (z. B. ultraviolett, blau oder grün) aussendende aktive Zone besitzt.

Ein Beispiel für eine geeignete Schichtenfolge 7 für dieses und für sämtliche im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele ist in Fig. 9 gezeigt. Hierbei ist auf einem Substrat 18, das z. B. aus SiC besteht, eine Schicht-

tenfolge aus einer AlN- oder GaN-Schicht 19, einer n-leitenden GaN-Schicht 20, einer n-leitenden $Ga_xAl_{1-x}N$ - oder $Ga_xIn_{1-x}N$ -Schicht 21, einer weiteren n-leitenden GaN- oder einer $Ga_xIn_{1-x}N$ -Schicht 22, einer p-leitenden $Ga_xAl_{1-x}N$ - oder $Ga_xIn_{1-x}N$ -Schicht 23 und einer p-leitenden GaN-Schicht 24 aufgebracht. Auf einer Oberseite 25 der p-leitenden GaN-Schicht 24 und einer Unterseite 26 des Substrats 18 ist jeweils eine Kontaktmetallisierung 27, 28 aufgebracht.

Es kann jedoch auch jeder andere dem Fachmann für das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement als geeignet erscheinende Halbleiterkörper verwendet werden. Dies gilt ebenso für sämtliche nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 ist der Halbleiterkörper 1 mittels eines elektrisch leitenden Verbindungsmittels, z. B. ein metallisches Lot oder ein Klebstoff, mit seinem Unterseitenkontakt 11 auf einem ersten elektrischen Anschluß 2 befestigt. Der Oberseitenkontakt 12 ist mittels eines Bonddrahtes 14 mit einem zweiten elektrischen Anschluß 3 verbunden.

Die freien Oberflächen des Halbleiterkörpers 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 sind unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 umschlossen. Diese besteht beispielsweise aus einem für transparente Leuchtdiodenumhüllungen verwendbaren transparenten Kunststoff (z. B. Epoxidharz oder Polymethylmethacrylat), der mit Lumineszenzfarbstoff 6 versetzt ist. Die hierzu geeigneten Farbstoffe sind bereits weiter oben im allgemeinen Teil der Beschreibung genannt und werden daher an dieser Stelle nicht eigens angeführt.

Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements unterscheidet sich von dem der Fig. 1 dadurch, daß der Halbleiterkörper 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 anstatt von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung von einer transparenten Umhüllung 15 umschlossen sind. Diese transparente Umhüllung 15 bewirkt keine Wellenlängenänderung der von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten Strahlung und besteht beispielsweise aus einem in der Leuchtdiodentechnik herkömmlich verwendeten Epoxid-, Silikon- oder Acrylatharz oder aus einem anderen geeigneten Material.

Auf diese transparente Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 aufgebracht, die, wie in der Fig. 2 dargestellt, die gesamte Oberfläche der Umhüllung 15 bedeckt. Ebenso denkbar ist, daß die Lumineszenzkonversionsschicht 4 nur einen Teilbereich dieser Oberfläche bedeckt. Die Lumineszenzkonversionsschicht 4 besteht beispielsweise wiederum aus einem transparenten Kunststoff (z. B. Epoxidharz, Lack oder Polymethylmethacrylat), der mit einem Lumineszenzfarbstoff 6 versetzt ist.

Dieses Ausführungsbeispiel hat, wie weiter oben bereits erwähnt, den besonderen Vorteil, daß für die gesamte von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung die Weglänge durch das Lumineszenzkonversionselement nahezu gleich groß ist. Dies spielt insbesondere dann eine bedeutende Rolle, wenn, wie es oftmals der Fall ist, der genaue Farbton des von dem Halbleiterbauelement abgestrahlten Lichtes von dieser Weglänge abhängt.

Zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 von Fig. 2 kann auf einer Seitenfläche des Bauelements eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalreflexion der Strahlung innerhalb der Lu-

mineszenzkonversionsschicht 4 reduziert. Diese linsenförmige Abdeckung 29 kann aus transparentem Kunststoff bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4 beispielsweise aufgeklebt oder direkt als Bestandteil der Lumineszenzkonversionsschicht 4 ausgebildet sein.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind der erste und zweite elektrische Anschluß 2, 3 in ein lichtundurchlässiges evtl. vorgefertigtes Grundgehäuse 8 mit einer Ausnehmung 9 eingebettet. Unter "vorgefertigt" ist zu verstehen, daß das Grundgehäuse 8 bereits an den Anschlüssen 2, 3 beispielsweise mittels Spritzguß fertig ausgebildet ist, bevor der Halbleiterkörper auf den Anschluß 2 montiert wird. Das Grundgehäuse 8 besteht beispielsweise aus Kunststoff und die Ausnehmung 9 ist als Reflektor 17 (ggf. durch geeignete Beschichtung der Innenwände der Ausnehmung 9) ausgebildet. Solche Grundgehäuse 8 werden seit langem insbesondere bei oberflächenmontierbaren Leuchtdioden (SMD-TOPLEDs) verwendet und werden daher an dieser Stelle nicht mehr näher erläutert. Sie werden vor der Montage der Halbleiterkörper auf ein die elektrischen Anschlüsse 2, 3 aufweisendes Leiterband (Leadframe) aufgebracht.

Die Ausnehmung 9 ist von einer Lumineszenzkonversionsschicht 4, beispielsweise eine separat hergestellte und auf dem Grundgehäuse 8 befestigte Abdeckplatte 17 aus Kunststoff abgedeckt. Als geeignete Materialien für die Lumineszenzkonversionsschicht 4 kommen wiederum die weiter oben im allgemeinen Teil der Beschreibung genannten Kunststoffe in Verbindung mit den dort genannten Farbstoffen in Frage. Die Ausnehmung 9 kann sowohl mit einem transparenten Kunststoff oder mit Gas gefüllt als auch mit einem Vakuum versehen sein.

Ebenso ist es möglich, daß die Ausnehmung 9, wie in Fig. 10 gezeigt, mit einem mit Lumineszenzfarbstoff versehenen Kunststoff o. ä., d. h. mit einer Lumineszenzsumhüllung 5 gefüllt ist, die das Lumineszenzkonversionselement bildet. Eine Abdeckplatte 17 und/oder eine linsenförmige Abdeckung 29 kann dann auch weggelassen sein.

Wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 kann auch hier zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 auf dieser eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalreflexion der Strahlung innerhalb der Lumineszenzkonversionsschicht 4 reduziert. Diese Abdeckung 29 kann aus transparentem Kunststoff bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4 beispielsweise aufgeklebt oder zusammen mit der Lumineszenzkonversionsschicht 4 einstückig ausgebildet sein.

In Fig. 4 ist als weiteres Ausführungsbeispiel eine sogenannte Radialdiode dargestellt. Hierbei ist der Halbleiterkörper 1 in einem als Reflektor ausgebildeten Teil 16 des ersten elektrischen Anschlusses 2 beispielsweise mittels Löten oder Kleben befestigt. Auch derartige Gehäusebauformen sind aus der Leuchtdiodentechnik wohlbekannt und bedürfen von daher keiner näheren Erläuterung.

Bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 4 ist der Halbleiterkörper 1 von einer transparenten Umhüllung 15 umgeben, die wie beim zweitgenannten Ausführungsbeispiel (Fig. 2) keine Wellenlängenänderung der von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten Strahlung bewirkt und beispielsweise aus einem herkömmlich in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Ep-

oxidharz bestehen kann.

Auf dieser transparenten Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 aufgebracht. Als Material hierfür kommen beispielsweise wiederum die im Zusammenhang mit den vorgenannten Ausführungsbeispielen angeführten Kunststoffe in Verbindung mit den dort genannten Farbstoffen in Frage.

Der gesamte Aufbau, bestehend aus Halbleiterkörper 1, Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2, 3, transparente Umhüllung 15 und Lumineszenzkonversionsschicht 4, ist unmittelbar von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine Wellenlängenänderung der durch die Lumineszenzkonversionsschicht 4 hindurchgetretenen Strahlung bewirkt. Sie besteht beispielsweise wiederum aus einem herkömmlich in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz.

Das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem von Fig. 4 im wesentlichen dadurch, daß die freien Oberflächen des Halbleiterkörpers 1 unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 bedeckt sind, die wiederum von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umgeben ist. In Fig. 5 ist weiterhin beispielhaft ein Halbleiterkörper 1 dargestellt, bei dem anstelle des Unterseitenkontaktes ein weiterer Kontakt auf der Halbleiterschichtenfolge 7 angebracht ist, der mittels eines zweiten Bonddrahtes 14 mit dem zugehörigen elektrischen Anschluß 2 oder 3 verbunden ist. Selbstverständlich sind derartige Halbleiterkörper 1 auch bei allen anderen hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen einsetzbar. Umgekehrt ist natürlich auch bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 5 ein Halbleiterkörper 1 gemäß den vorgenannten Ausführungsbeispielen verwendbar.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle angemerkt, daß selbstverständlich auch bei der Bauform nach Fig. 5 analog zu dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 eine einstückige Lumineszenzkonversionsumhüllung 5, die dann an die Stelle der Kombination aus Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 und weiterer transparenter Umhüllung 10 tritt, verwendet sein kann.

Bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 6 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 (mögliche Materialien wie oben angegeben) direkt auf den Halbleiterkörper 1 aufgebracht. Dieser und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2, 3 sind von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine Wellenlängenänderung der durch die Lumineszenzkonversionsschicht 4 hindurchgetretenen Strahlung bewirkt und beispielsweise aus einem in der Leuchtdiodentechnik verwendbaren transparenten Epoxidharz gefertigt ist.

Solche, mit einer Lumineszenzkonversionsschicht 4 versehenen Halbleiterkörper 1 ohne Umhüllung können natürlich vorteilhafterweise in sämtlichen aus der Leuchtdiodentechnik bekannten Gehäusebauformen (z. B. SMD-Gehäuse, Radial-Gehäuse (man vergleiche Fig. 5)) verwendet sein.

Bei sämtlichen der oben beschriebenen Ausführungsbeispielen kann zur Optimierung des Farbeindrucks des abstrahlten Lichts sowie zur Anpassung der Abstrahlcharakteristik das Lumineszenzkonversionselement (Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 oder Lumineszenzkonversionsschicht 4), ggf. die transparente Umhüllung 15, und/oder ggf. die weitere transparente Umhüllung 10 lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren aufweisen. Beispiele für derartige Diffusoren sind mineralische Füllstoffe, insbesondere CaF_2 , TiO_2 , SiO_2 , CaCO_3 oder BaSO_4 oder auch organische Pigmente. Diese

Materialien können auf einfache Weise den o.g. Kunststoffen zugesetzt werden.

In den Fig. 7 und 8 sind abschließend Emissionsspektren eines blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers (Fig. 8) (Lumineszenzmaximum bei $\lambda \sim 430 \text{ nm}$) bzw. eines mittels eines solchen Halbleiterkörpers hergestellten weiß leuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements (Fig. 9) gezeigt. An der Abszisse ist jeweils die Wellenlänge λ in nm und auf der Ordinate ist jeweils eine relative Elektrolumineszenz (EL) - Intensität aufgetragen.

Von der vom Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung nach Fig. 7 wird nur ein Teil in einen längerwelligen Wellenlängenbereich konvertiert, so daß als Mischfarbe weißes Licht entsteht. Die gestrichelte Linie 30 in Fig. 8 stellt ein Emissionsspektrum von einem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement dar, das Strahlung aus zwei komplementären Wellenlängenbereichen (Blau und Gelb) und damit weißes Licht aussendet. Das Emissionsspektrum weist hier bei Wellenlängen zwischen ca. 400 und ca. 430 nm (Blau) und zwischen ca. 550 und ca. 580 nm (Gelb) je ein Maximum auf. Die durchgezogene Linie 31 repräsentiert das Emissionsspektrum eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements, das die Farbe Weiß aus drei Wellenlängenbereichen (additives Farbtupel aus Blau, Grün und Rot) mischt. Das Emissionsspektrum weist hier beispielsweise bei den Wellenlängen von ca. 430 nm (Blau), ca. 500 nm (Grün) und ca. 615 nm (Rot) je ein Maximum auf.

Desweiteren ist in Fig. 11 ein Emissionsspektrum eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements dargestellt, das mischfarbiges Licht aus blauem Licht (Maximum bei einer Wellenlänge von ca. 470 nm) und rotem Licht (Maximum bei einer Wellenlänge von ca. 620 nm) abstrahlt. Der Gesamteindruck des abgestrahlten Lichtes für das menschliche Auge ist Magenta. Das vom Halbleiterkörper abgestrahlte Emissionsspektrum entspricht hier wiederum dem von Fig. 7.

Patentansprüche

1. Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper (1), mit mindestens einem ersten und einem zweiten elektrischen Anschluß (2, 3), die mit dem Halbleiterkörper (1) elektrisch leitend verbunden sind, und mit einem Lumineszenzkonversionselement, dadurch gekennzeichnet,

daß der Halbleiterkörper (1) eine Halbleiterschichtenfolge (7), die eine elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge λ von $\leq 520 \text{ nm}$ aus sendet und daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches aus sendet.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung mehrerer zweiter Wellenlängenbereiche umwandelt, derart,

daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung der zweiten Wellenlängenbereiche aus sendet.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung mehrerer erster spektraler Teilbereiche der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung mehrerer zweiter Wellenlängenbereiche umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus mehreren zweiten spektralen Teilbereichen des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung der zweiten Wellenlängenbereiche aussendet.

4. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterkörper (1) eine aktive Schicht aus $Ga_xIn_{1-x}N$ oder $Ga_xAl_{1-x}N$ aufweist.

5. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Lumineszenzkonversionselement über oder auf dem Halbleiterkörper (1) mindestens eine Lumineszenzkonversionsschicht (4) vorgesehen ist.

6. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Lumineszenzkonversionselement eine Lumineszenzkonversionsumhüllung (5) vorgesehen ist, die zumindest einen Teil des Halbleiterkörpers (1) und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse (2,3) umschließt.

7. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement mit einem oder mehreren Lumineszenzfarbstoffen (6) versehen ist.

8. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der bzw. die zweiten Wellenlängenbereiche zumindest teilweise größere Wellenlängen λ aufweist als der bzw. die ersten Wellenlängenbereiche.

9. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite spektrale Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und der zweite Wellenlängenbereich zumindest teilweise zueinander komplementär sind, so daß mischfarbiges, insbesondere weißes Licht erzeugt wird.

10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter spektraler Teilbereich dem ersten Wellenlängenbereiches und zwei zweite Wellenlängenbereiche ein additives Farbtripel ergeben.

11. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Halbleiterkörper (1) ausgesandte Strahlung bei $\lambda = 430 \text{ nm}$ oder bei $\lambda = 450 \text{ nm}$ ein Lumineszenz-Maximum aufweist.

12. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers (1) von einer transparenten Umhüllung (15) umgeben ist und daß auf der transparenten Umhüllung (15) eine Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufgebracht ist.

13. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest auf einem Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers (1) eine Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufgebracht ist.

14. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterkörper (1) in einer Ausnehmung (9) eines Grundgehäuses (8) angeordnet ist und daß die Ausnehmung (9) mit einer eine Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufweisenden Abdeckschicht versehen ist.

15. Halbleiterbauelement einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterkörper (1) in einer Ausnehmung (9) eines Grundgehäuses (8) angeordnet ist und daß die Ausnehmung (9) zumindest teilweise mit dem Lumineszenzkonversionselement gefüllt ist.

16. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement mehrere Schichten mit unterschiedlichen Wellenlängenkonversionseigenschaften aufweist.

17. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle in einer Kunststoff-Matrix aufweist, die insbesondere aus Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastmaterial besteht.

18. Halbleiterbauelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle in einer Epoxidharz-Matrix aufweist.

19. Halbleiterbauelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle in einer Polymethylmetacrylat-Matrix aufweist.

20. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle mit und ohne Wellenlängenkonversionswirkung aufweist.

21. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement und oder eine transparente Umhüllung (10, 15) lichtstreuende Partikel aufweist.

22. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement mit einem oder mehreren lumineszierenden 4f-metallorganischen Verbindungen versehen ist.

23. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement und oder eine transparente Umhüllung (10, 15) mit mindestens einem im Blauen lumineszierenden Lumineszenzfarbstoff versehen ist.

24. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß nur ein einziger Halbleiterkörper (1) vorgesehen ist.

25. Verwendung einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 in einer vollfarbtauglichen LED-Anzeigevorrichtung.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

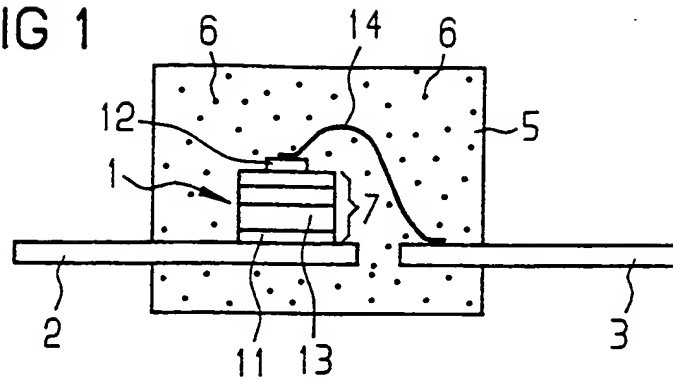


FIG 2

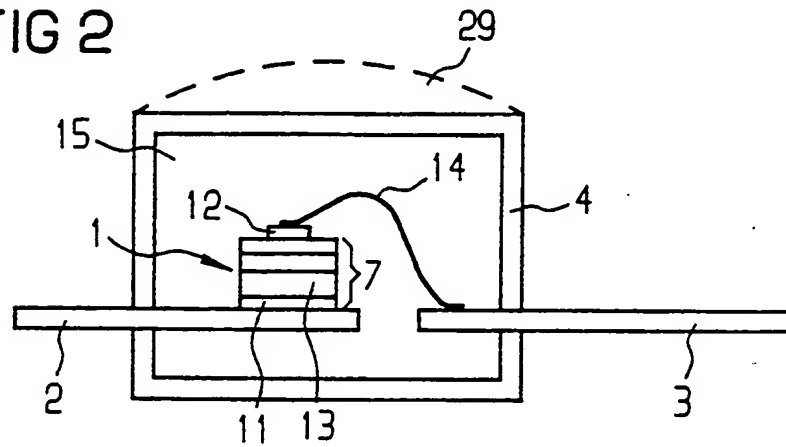


FIG 3

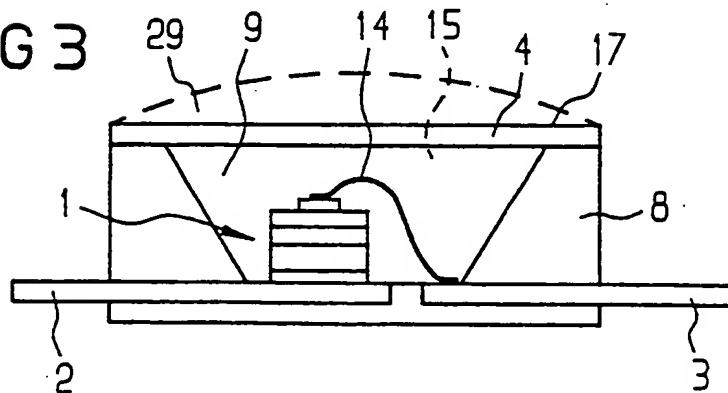


FIG 4

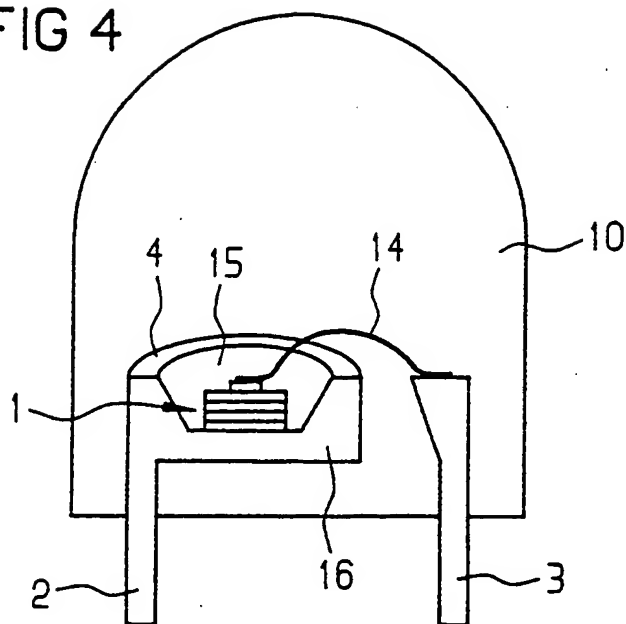


FIG 5

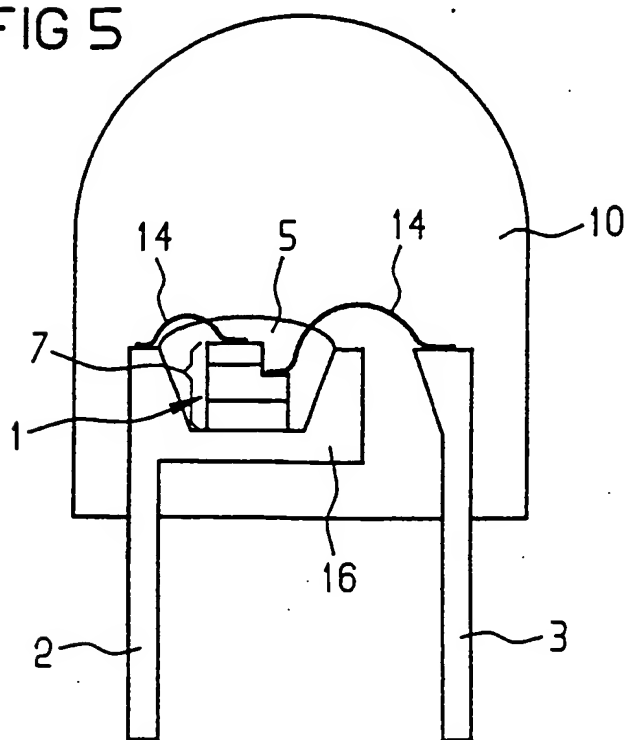


FIG 6

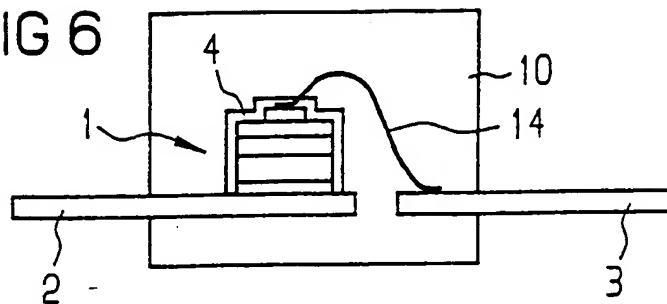


FIG 9

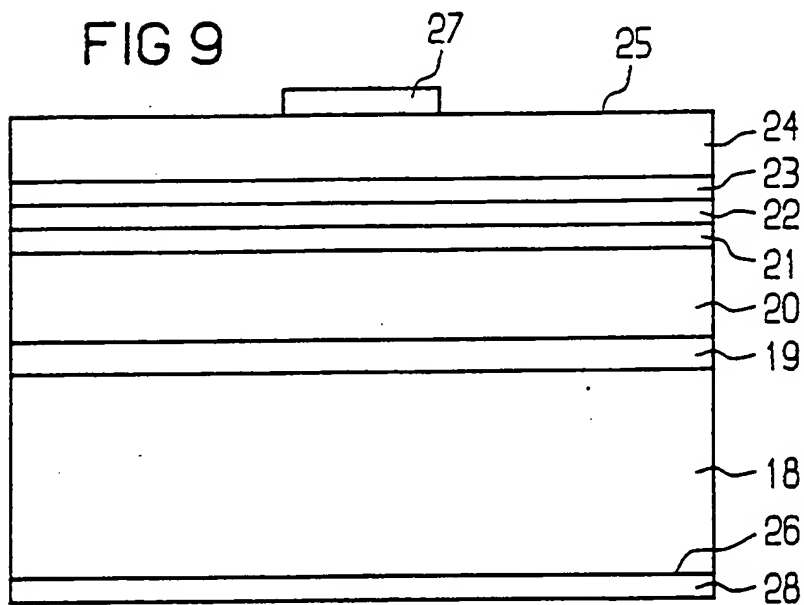
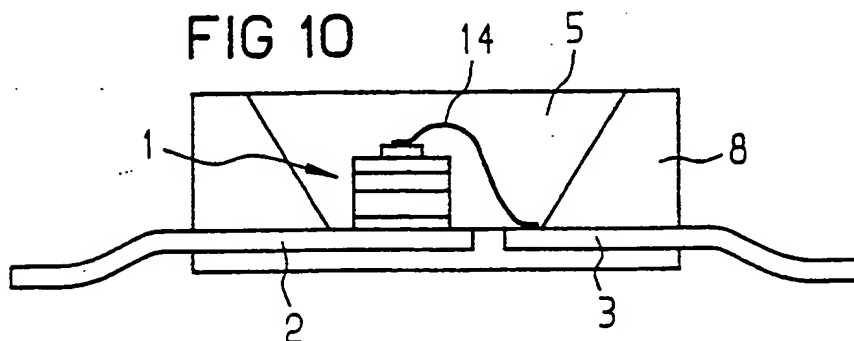


FIG 10



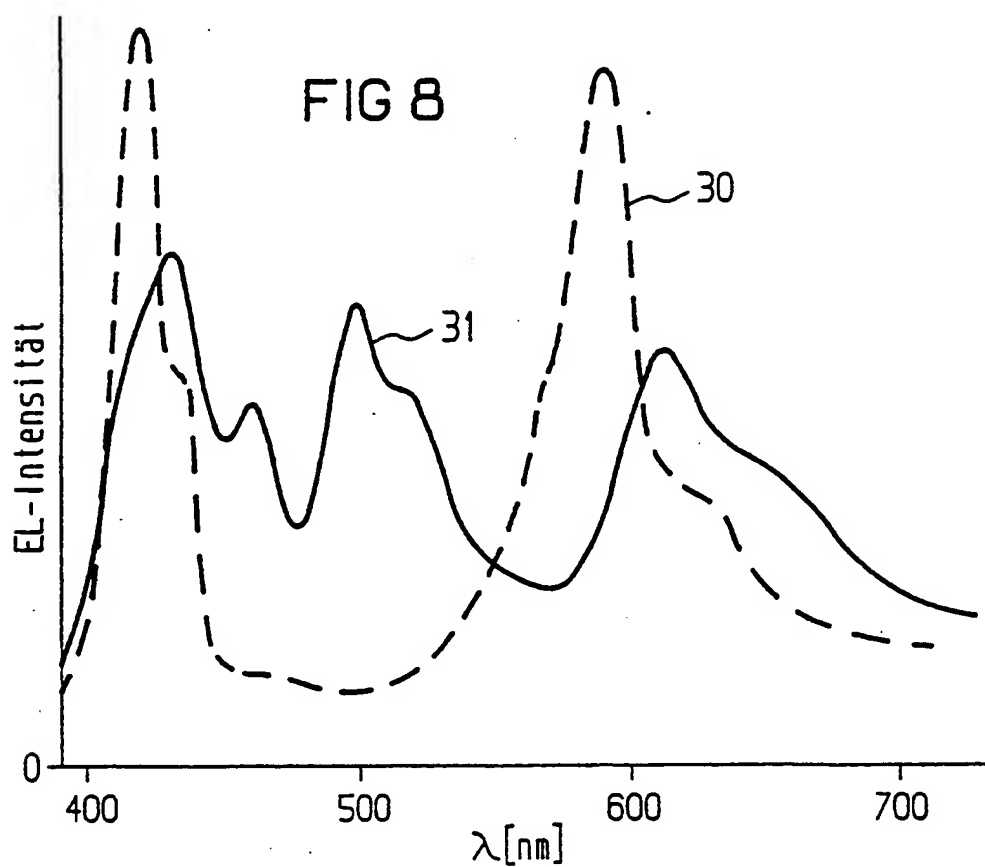
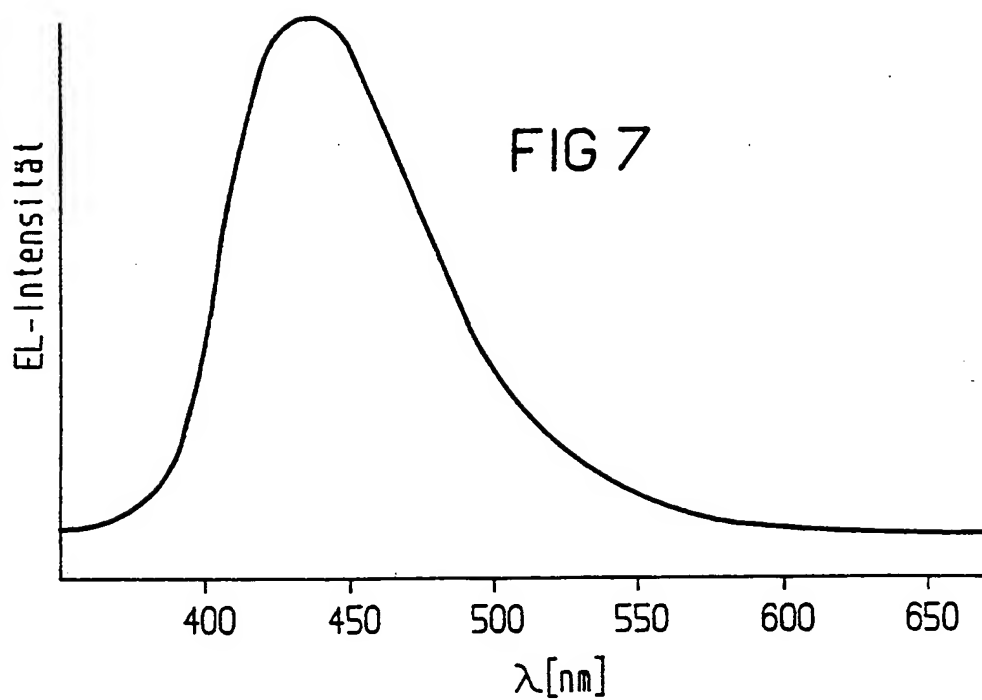
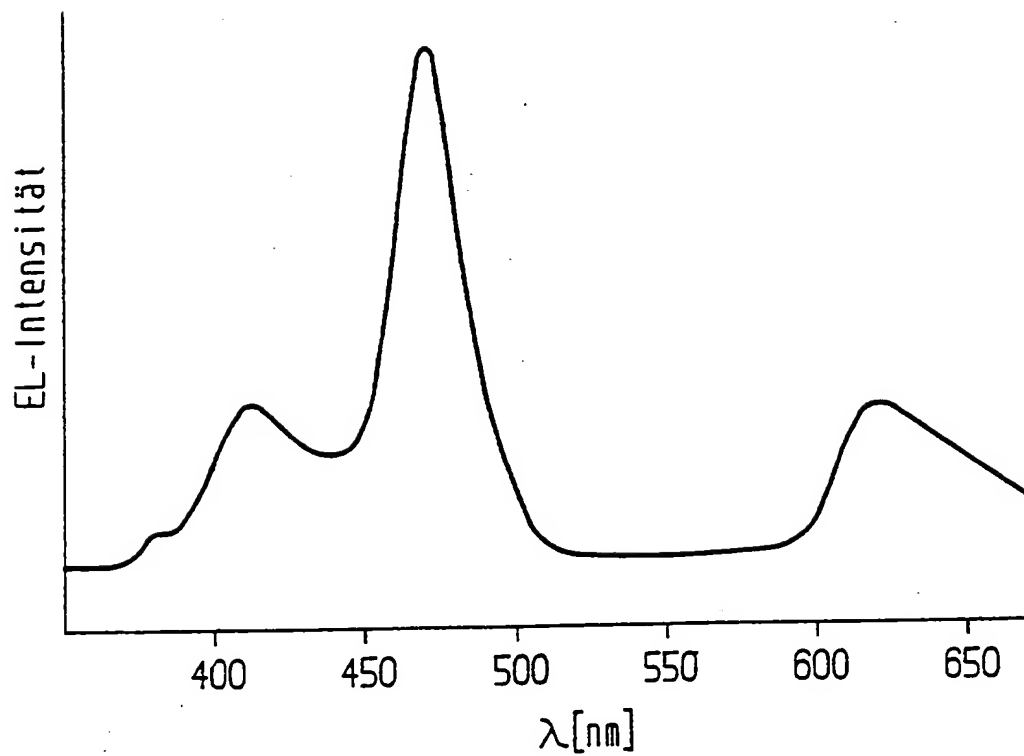


FIG 11



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.